

KATIONOWA POJEMNOŚĆ WYMIENNA GLEB NA RÓŻNYM PODŁOŻU GEOLOGICZNYM W GÓRACH STOŁOWYCH

*Cezary Kabata, Adam Bogacz, Bernard Gałka, Paweł Jezierski,
Beata Łabaz, Jarosław Waroszewski*

Cation exchange capacity of soils developed on various bedrock in the Stołowe Mountains

Abstract: The effective cation exchange capacity in the surface layers of soils in the Stołowe Mountains reached mean values of 8–10 cmol(+) kg⁻¹, of which up to 60% is exchangeable aluminum. The sum of base cations depends on the organic carbon content and particle-size distribution, related to the parent rock type. The largest sum is in soils derived from Cretaceous mudstones, followed by Permian sandstones and granite, whereas the smallest – from the Cretaceous sandstones. Among the soils derived from mudstones, Dystric Cambisols have the smallest base cation sum (2–2.5 cmol(+) kg⁻¹), Luvisols have a two-fold higher and Eutric Cambisols – a three-fold higher one. The mean base saturation achieved 60% in Eutric Cambisols and 45% in Luvisols, while in Dystric Cambisols developed both from mudstones, Permian sandstones and granites it was on average 25% only. The sum of exchangeable base cations and base saturation in soils clearly differentiate the trophic status of forest habitats in the Stołowe Mountains, reflecting the interactions of geology and typological soil-forming processes.

Keywords: exchangeable cations, Cambisols, Podzols

Zarys treści: Efektywna pojemność wymiany kationów w powierzchniowych warstwach gleb Gór Stołowych oscyluje wokół 8–10 cmol(+) kg⁻¹, z czego aż do 60% zajmuje glin wymienny. Suma kationów zasadowych zależy od zawartości materii organicznej oraz od uziarnienia

gleb, powiązanego z rodzajem skały macierzystej. Największa jest w glebach wytworzonych z wierzchołków mułowców kredowych, mniejsza z piaskowców permskich i granitów, najmniejsza z piaskowców kredowych. Spośród gleb wytworzonych z mułowców najuboższe w kationy zasadowe ($2\text{--}2,5\text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$) są gleby brunatne kwaśne. Gleby płowe mają sumę kationów zasadowych dwu-, a gleby brunatne właściwe – trzykrotnie wyższą. Wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami osiąga 60% w glebach brunatnych właściwych i 45–47% w glebach płowych, a w glebach brunatnych kwaśnych, wytworzonych zarówno z mułowców, jak i granitów oraz piaskowców permskich, tylko 25%. Suma wymiennych kationów zasadowych oraz stopień wysycenia kationami zasadowymi wyraźnie różnicują warunki troficzne siedlisk leśnych Gór Stołowych, odzwierciedlając współoddziaływanie podłoża geologicznego i typologicznych procesów glebotwórczych.

Słowa kluczowe: kationy wymienne, gleby brunatne, gleby bielcowe

1. Wstęp

Pojemność wymiany kationów, będąca odzwierciedleniem zdolności gleby do wymiennej adsorpcji kationów, jest jedną z najważniejszych cech gleby, gdyż może być wykorzystywana m.in. przy ocenie poziomu troficzności gleby (Jaworska, Długosz 1996; Maciaszek i in. 2009), stopnia jej zakwaszenia i odporności na degradację chemiczną (Skiba, Drewnik 1996) oraz szerzej – chemicznej jakości gleby (Gruba 2012). Dlatego analiza i ocena pojemności wymiany kationów oraz proporcji między kationami „kwaśnymi” i „zasadowymi” jest stałym elementem badań mających na celu obserwację zmian zachodzących w środowisku glebowym i przyrodniczym. Pojemność sorpcyjna gleby szybko reaguje na zmiany użytkowania gruntów, w tym na zmiany składu gatunkowego drzewostanów (Marcos i in. 2010). Drozd i in. (1998) wykorzystali pojemność wymiany kationów (PWK) w ocenie wpływu emisji zakwaszających, a z kolei Świercz (2008) – emisji alkalizujących środowisko glebowe. Pojemność wymiany kationów i wysycenia zasadami są też ważnymi kryteriami typologii gleb (IUSS 2006) – służą m.in. rozróżnianiu poziomów diagnostycznych oraz identyfikacji jednostek glebowych na różnych poziomach klasyfikacji. Pojemność wymiany kationów jest wyznaczana różnymi metodami – przez bezpośrednie wyparcie wszystkich kationów wymiennych lub przez sumowanie osobno wyznaczonej sumy kationów zasadowych i kwasowości (van Reeuwijk 2002). Zamiast całkowitej pojemności wymiany kationów (PWK), w glebach leśnych często wyznaczana jest tzw. efektywna pojemność wymiany kationów (ePWK), uwzględniająca kwasowość wymienną gleby (Gruba 2012).

Danych na temat pojemności sorpcyjnej leśnych gleb górskich jest niemało (m.in. Drozd i in. 1998; Brożek, Zwydak 2003), nadal jednak istnieją obszary, gdzie właściwości gleb poznane są słabo. Do niedawna takim obszarem były Góry Stołowe w Sudetach Środkowych, ale powstanie parku narodowego zainicjowało rozliczne

projekty badawcze, w tym program monitoringu środowiska na stałych powierzchniach obserwacyjnych. Celem niniejszego opracowania była analiza przestrzennego i głębokościowego zróżnicowania właściwości sorpcyjnych gleb Gór Stołowych na tle podłoża geologicznego i typologii gleb, oparta na wynikach pierwszej serii badań monitoringowych.

2. Obszar i metody badań

Góry Stołowe, położone w Sudetach Środkowych, znane są z naprzemiennego występowania niezaburzonych płyt piaskowców i mułowców wieku kredowego tworzących pasowo-mozaikowe wychodnie. W północnej części Gór Stołowych spod utworów kredowych wyłaniają się zwietrzeliny piaskowców i zlepieńców permskich, a południowo-zachodnią część buduje masyw granitowy (Wojewoda i in. 2011). Badaniami objęto cały obszar Parku Narodowego Gór Stołowych (PNGS) o powierzchni 63,3 km², rozpościerający się na wysokości od 391 do 919 m n.p.m. Struktura pokrywy glebowej PNGS nawiązuje do budowy geologicznej oraz ukształtowania terenu (Kabała i in. 2011). Dominują gleby brunatne kwaśne (Klasyfikacja... 2000), zajmujące ok. 32% powierzchni PNGS, na podłożu uboższych zwietrzelin mułowców, piaskowców permskich oraz granitów. Gleby brunatne właściwe (wyługowane) i gleby płowe (w tym płowe zaciekowe) wytworzone ze zwietrzelin mułowców zajmują odpowiednio 9% i 15% powierzchni. Gleby bielcowe i bielice zajmują ok. 31% powierzchni PNGS, wyłącznie na piaskowcach kredowych. Na niewielkich powierzchniach występują ponadto gleby inicjalne i słabo ukształtowane, mady, gleby opadowo-gruntowoglejowe oraz gleby organiczne. Inwentaryzacja zasobów leśnych PNGS wykazała dominację świerka (83%), również na siedliskach właściwych dla gatunków liściastych, co zostało spowodowane gospodarką leśną promującą monokultury świerkowe (Jędruszczak, Miścicki 2001).

W celu analizy aktualnego stanu ekosystemów PNGS oraz długofalowej obserwacji naturalnych i antropogenicznie indukowanych zmian w ekosystemach wyznaczono 400 kołowych powierzchni monitoringowych, których centroidy rozmieszczone są w siatce kwadratowej 400 x 400 m. Prace gleboznawcze prowadzono w latach 2009–2011, wykorzystując metodykę Karczewskiej i in. (2006). Osobno pobierano próbki ektopróchnic (niecharakteryzowane w tym opracowaniu) oraz z warstw 0–10 i 10–20 cm. Próbkę pobierano w 5–10 powtórzeniach, które łączono w próby średnie. Decyzja o wyborze podanych głębokości opróbowania wynikała z kilku przesłanek: (1) zmiany chemizmu gleb leśnych są najbardziej dynamiczne w warstwach powierzchniowych, (2) troficzność i kwasowość powierzchniowych warstw mineralnych najsilniej wpływa na roślinność diagnostyczną siedlisk leśnych, (3) opróbowanie oparte na poziomach genetycznych uniemożliwiałoby porównywalność zbioru gleb przy dużej zmienności

typologicznej, (4) inne europejskie programy monitoringu gleb leśnych opierają się na podobnych głębokościach. Ze względów finansowych zrezygnowano z pobierania próbek gleb z większych głębokości. W próbkach gleb analizowano m.in. uziarnienie (metodą areometryczno-sitową), pH w wodzie destylowanej i 1 M KCl (w proporcji 1:2,5, potencjometrycznie), zawartość węgla organicznego (spalanie na sucho z absorpcją CO₂, aparat Strölein CS-Mat), kwasowość wymienną i glin wymienny (w niebuforowanym 1 M KCl, metodą miareczkowania potencjometrycznego po strąceniu glinu fluorkiem sodu). Wymienne kationy zasadowe ekstrahowano 1 M octanem amonu o pH 7,0, a ich koncentrację w wyciągach oznaczano techniką spektroskopii absorbcyjnej (Mg²⁺) lub emisyjnej (Ca²⁺, K⁺ i Na⁺). Na podstawie sumy kationów zasadowych (S) i kwasowości wymiennej obliczano efektywną pojemność wymiany kationów (ePWK) oraz wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (V).

Wyniki analiz poddano opracowaniu statystycznemu z wyznaczeniem wartości średnich, odchylenia standardowego, homogenicznych grup średnich (test Tukeya) oraz współczynników korelacji Pearsona z wykorzystaniem programu Statistica 9. Mapy przestrzennego zróżnicowania sumy kationów zasadowych wygenerowano techniką krigingu zwykłego (*ordinary kriging*) po uprzednim usunięciu istniejących trendów. Semiwarioramogramy empiryczne modelowano z zastosowaniem aplikacji Geostatistical Analyst (ArcEditor 10), opierając się na modelach wykładniczych. Poprawność modeli oceniono metodą krosvalidacji na podstawie wartości standaryzowanego pierwiastka średniokwadratowego (RMSS).

3. Wyniki i dyskusja

Gleby Gór Stołowych odznaczają się niską sumą kationów zasadowych – średnio 3–3,5 cmol(+) kg⁻¹ oraz niskim wysyceniem kationami zasadowymi – około 33%, na granicy dystroficznego i oligotroficznego (tab. 1). Średnia kwasowość wymienna oraz ePWK są istotnie większe w warstwie 0–10 cm niż 10–20 cm w ślad za większą zawartością materii organicznej, na co wskazują współczynniki korelacji, odpowiednio $r = 0,43$ i $r = 0,38$ (tab. 2). Podobnie silną zależność kwasowości i pojemności wymiany kationów od zawartości materii organicznej opisuje większość autorów zajmujących się glebami górskimi i leśnymi (m.in. Drozd i in. 1998; Gruba 2012). Z ilością węgla organicznego prawie nie koreluje w glebach Gór Stołowych suma kationów zasadowych ($r = 0,14$), zależna raczej od ilości iłu ($r = 0,36$), co sugeruje wpływ rodzaju materiału macierzystego. Również stopień wysycenia kationami zasadowymi istotnie koreluje z zawartością iłu koloidalnego. Zarówno suma kationów zasadowych, jak i ePWK rosną w glebach Gór Stołowych wraz ze wzrostem pH, co traktowane jest jako zjawisko normalne w glebach uprawnych (Jaworska, Długosz

1996), ale nie tak oczywiste w silnie kwaśnych glebach leśnych, jak wykazano m.in. w północno-wschodnich USA (Johnson 2002).

Związki między ePWK gleb a rodzajem podłoża geologicznego są w Górach Stołowych bardzo czytelne. Rodzaj skały macierzystej właściwie nie różnicuje kwasowości wymiennej, z wyjątkiem wyższej kwasowości gleb na podłożu granitowym (tab. 3). Prawdopodobnie jest to efekt większej zawartości glinu wymiennego w tych silnie kwaśnych glebach. Najuboższe w kationy zasadowe są gleby wytworzone z piaskowców wieku kredowego ($1,5\text{--}1,8\text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$). Istotnie wyższe ilości wymiennych kationów zasadowych występują w glebach wytworzonych z piaskowców permskich, a najwyższe ($5,1\text{--}5,8\text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$) – z mułowców. Średnia wartość sumy zasad (S) w glebach wytworzonych z mułowców jest trzykrotnie większa niż w glebach wytworzonych z piaskowców kredowych i dwukrotnie wyższa niż w glebach wytworzonych z granitów.

Tab. 1. Właściwości sorpcyjne gleb Gór Stołowych (zestawienie ogólne)
Table 1. Cation exchange properties of soils in the Stołowe Mountains (general data)

Parametr Parameter	n	Kw	Alw	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	ePWK	V
cmol(+) kg ⁻¹										%
Warstwa gleby 0–10 cm Soil layer 0–10 cm										
Średnia Mean	387	6,47	5,77	2,49	0,68	0,21	0,11	3,48	9,91	32,3
Minimum	387	0,16	0,09	0,10	0,06	0,02	0,02	0,46	2,71	5,3
Maximum	387	21,8	16,7	62,7	3,09	0,82	0,30	65,5	65,8	99,6
Odch. st. Stand. dev.	387	3,51	2,87	4,76	0,40	0,11	0,05	5,04	5,37	20,6
Warstwa gleby 10–20 cm Soil layer 10–20 cm										
Średnia Mean	377	5,17	5,10	2,08	0,61	0,15	0,08	2,91	8,04	33,4
Minimum	377	0,12	0,08	0,08	0,03	0,03	0,02	0,24	1,69	4,2
Maximum	377	16,3	15,2	62,2	2,32	0,52	0,38	65,1	65,4	99,6
Odch. st. Stand. dev.	377	2,76	2,68	4,28	0,38	0,07	0,05	4,53	4,67	21,5

Objaśnienia: n – liczba obserwacji, Kw – kwasowość wymienna, Alw – glin wymienny, S – suma kationów zasadowych, ePWK – efektywna pojemność wymiany kationów, V – stopień wysycenia kationami zasadowymi.

Explanations: n – numer of observations, Kw – exchangeable acidity, Alw – exchangeable aluminium, S – sum of base cations, ePWK – effective cation exchange capacity, V – base saturation.

Tab. 2. Współczynniki korelacji Pearsona dla ePWK i podstawowych właściwości gleb
Table 2. Pearson correlation coefficients for ECEC and basic soil properties

Właściwość Soil property	Kw	S	ePWK / ECEC	V	Il / clay
C _{org}	0,43*	0,14*	0,38*	-0,11*	-0,09
pH KCl	-0,31*	0,57*	0,37*	0,61*	0,31*
pH H ₂ O	-0,36*	0,56*	0,33*	0,65*	0,32*
Il / clay	0,14*	0,36*	0,43*	0,31*	–

Objaśnienia: Corg – całkowity węgiel organiczny, * – współczynnik istotny przy $p < 0,01$

Explanations: Corg – total organic carbon, * – coefficient significant at $p < 0.01$

Tab. 3. Właściwości sorpcyjne w warstwach 0–10 i 10–20 cm gleb wytworzonych na różnym podłożu geologicznym

Table 3. Cation exchange properties in the 0–10 and 10–20 cm layers of soils developed on various bedrock

Rodzaj skały Bedrock	n	0–10 cm					10–20 cm				
		Kw	Alw	S	ePWK	V	Kw	Alw	S	ePWK	V
		cmol(+) kg ⁻¹				%	cmol(+) kg ⁻¹				%
PK	132	6,0	4,6	1,8a	7,8a	25a	4,7	4,3	1,5a	6,1a	26a
PMK	79	6,7	5,9	2,9a	9,6b	30a	5,6	5,3	2,5a	8,0b	32b
MK	116	6,0	5,8	5,8c	11,8b	44c	4,9	4,3	5,1c	10,0d	46c
PP	12	5,9	3,5	4,3b	10,2b	37b	5,4	3,7	3,8b	9,2c	36b
GRA	45	8,4	8,2	2,9a	11,3b	26a	6,2	6,0	2,0a	8,2b	25a

Objaśnienia: PK – piaskowiec kredowy, PMK – piaskowiec na mułowcu, MK – mułowiec kredowy, PP – piaskowiec permiański, GRA – granit karboński, a, b, c, d – grupy jednorodne (test Tukeya)

Explanations: PK – Cretaceous sandstone, PMK – sandstone over siltstone, MK – Cretaceous siltstone, PP – Permian sandstone, GRA – granite (Carboniferous), a, b, c, d – homogenous groups (Tukey test)

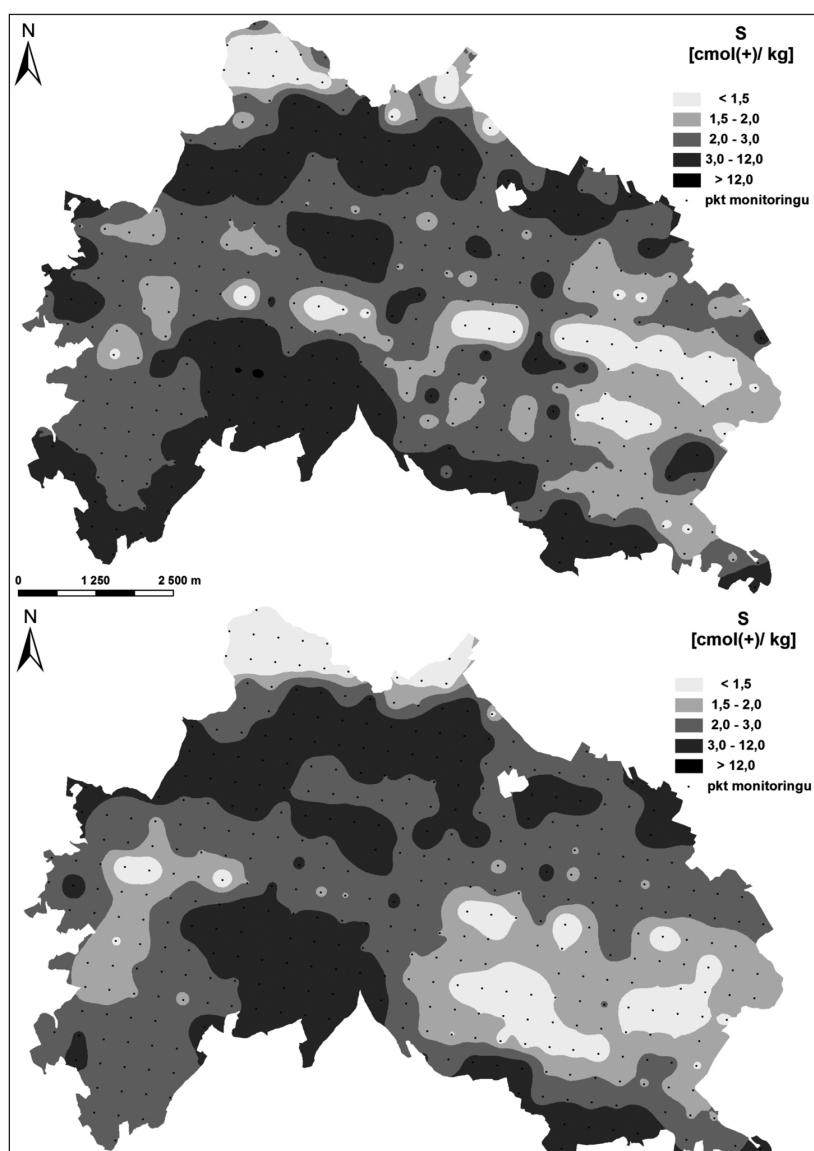
Przestrzenne zróżnicowanie sumy kationów zasadowych (ryc. 1) wyraźnie nawiązuje do rodzajów skał macierzystych stwierdzonych na powierzchniach monitoringowych (ryc. 2). Najwyższe wartości związane są z wychodniami kredowych mułowców w południowej części Gór Stołowych (w masywie Rogowej Kopy), w centralnej części (w rejonie Karłowa) oraz w pasie północnym (od Pasterki na zachodzie po

Wambierzyce na wschodzie). Najniższe sumy kationów dominują na obszarze dominacji piaskowców kredowych we wschodniej części PNGS oraz na obrzeżach północno-zachodnich.

Średnie stosunki Ca:Mg, Ca:K i Ca:Na przyjmują wartości odpowiednio 3:1, 14:1 i 22:1, rzadko spotykane w warstwach powierzchniowych gleb uprawnych (Jaworska, Długosz 1996). Proporcje kationów, szczególnie Ca:Mg są wyraźnie zależne od podłoża geologicznego (ryc. 3). O ile w glebach wytworzonych z granitów stosunek ten wynosi w przybliżeniu 1:1, a w glebach z piaskowców kredowych utrzymuje się na poziomie 2:1, o tyle w glebach wytworzonych z mułowców kredowych i piaskowców permskich rozszerza się do 4:1 i więcej.

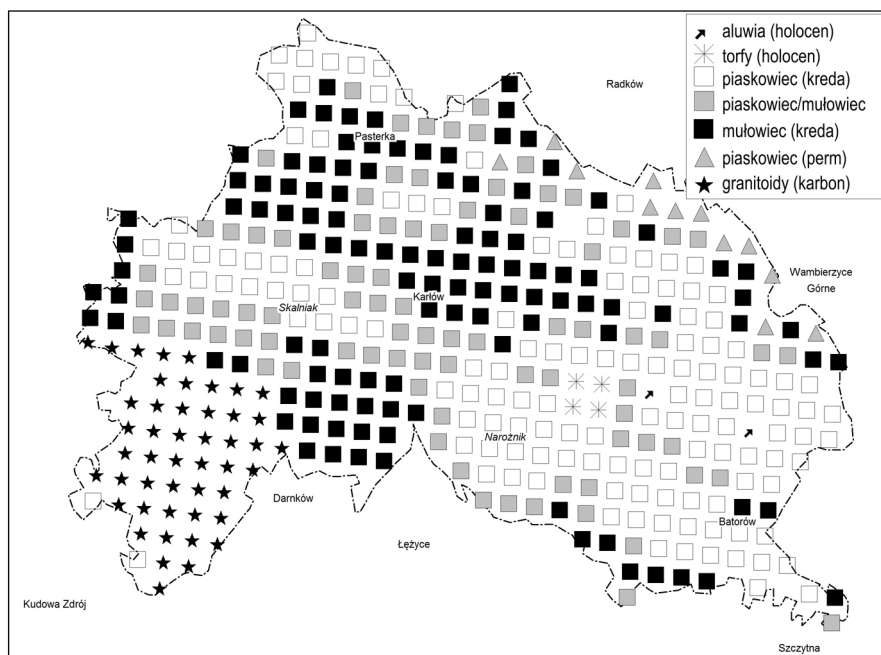
Łączna cPKW jest największa w glebach wytworzonych z mułowców i granitów, natomiast najmniejsza – w glebach z piaskowców kredowych, o czym w równym stopniu decyduje niewielka wartość S i względnie niska kwasowość wymienna. Również stopień wysycenia kationami zasadowymi nawiązuje do rodzaju skały macierzystej i jest najwyższy w glebach z mułowców (średnio 45%) a najniższy (średnio 25%) w glebach z piaskowców kredowych.

Zróżnicowanie kwasowości wymiennej gleb oraz sumy kationów zasadowych w powierzchniowych warstwach jest wyraźnie zróżnicowane w różnych typach gleb (tab. 4). Najmniejszą kwasowość i zawartość glinu wymiennego stwierdzono w glebach brunatnych właściwych. Równocześnie gleby te odznaczają się wysoką wartością S, co skutkuje najwyższym w Górach Stołowych wysyceniem zasadami, przekraczającym 60%. Gleby brunatne kwaśne mają z kolei niemal dwukrotnie wyższą kwasowość wymienną i trzykrotnie mniejszą sumę kationów zasadowych. W rezultacie średnie wysycenie (V) w tych glebach wynosi jedynie 25% (tab. 2). Stwierdzono istotne różnice w zawartości kationów zasadowych między różnymi typami gleb wytworzonymi z tej samej skały macierzystej (ryc. 4), co najlepiej uwiadacza się na przykładzie mułowców. Najwięcej kationów wymiennych zawierają gleby brunatne właściwe, gleby płowe – o jedną trzecią mniej, a gleby brunatne kwaśne – aż trzykrotnie mniej. Różnice te wynikają z odmiennej intensywności ługowania kationów zasadowych w różnych położeniach morfologicznych oraz z erozyjnego „odmładzania” powierzchni silnie nachylonych stoków i odsłaniania głębszych warstw zwietrzliny. Nieco upraszczając, można stwierdzić, że gleby płowe dominują na powierzchniach płaskich i słabo nachylonych, podczas gdy gleby brunatne właściwe – na stokach najsilniej nachylonych, a więc najsilniej narażonych na erozję (Kabała i in. 2011). Należy jednocześnie podkreślić, że podział na gleby brunatne kwaśne i właściwe (wytworzone z podobnych skał macierzystych) nie opiera się na swoistych cechach morfologicznych, lecz wyłącznie na stopniu wysycenia kationami zasadowymi. Nie należy zatem wnioskować, że różnice w zawartości kationów zasadowych oraz w wysyceniu nimi zależą od typu gleby brunatnej, gdyż to typ został wyznaczony na podstawie stopnia wysycenia kationami zasadowymi.



Ryc. 1. Przestrzenne zróżnicowanie sumy zasadowych kationów wymiennych w warstwie 0–10 cm (górna mapa) i 10–20 cm (dolna mapa)

Fig. 2. Spatial variability of the sum of exchangeable base cations in the soil layers 0–10 cm (upper map) and 10–20 cm (lower map)

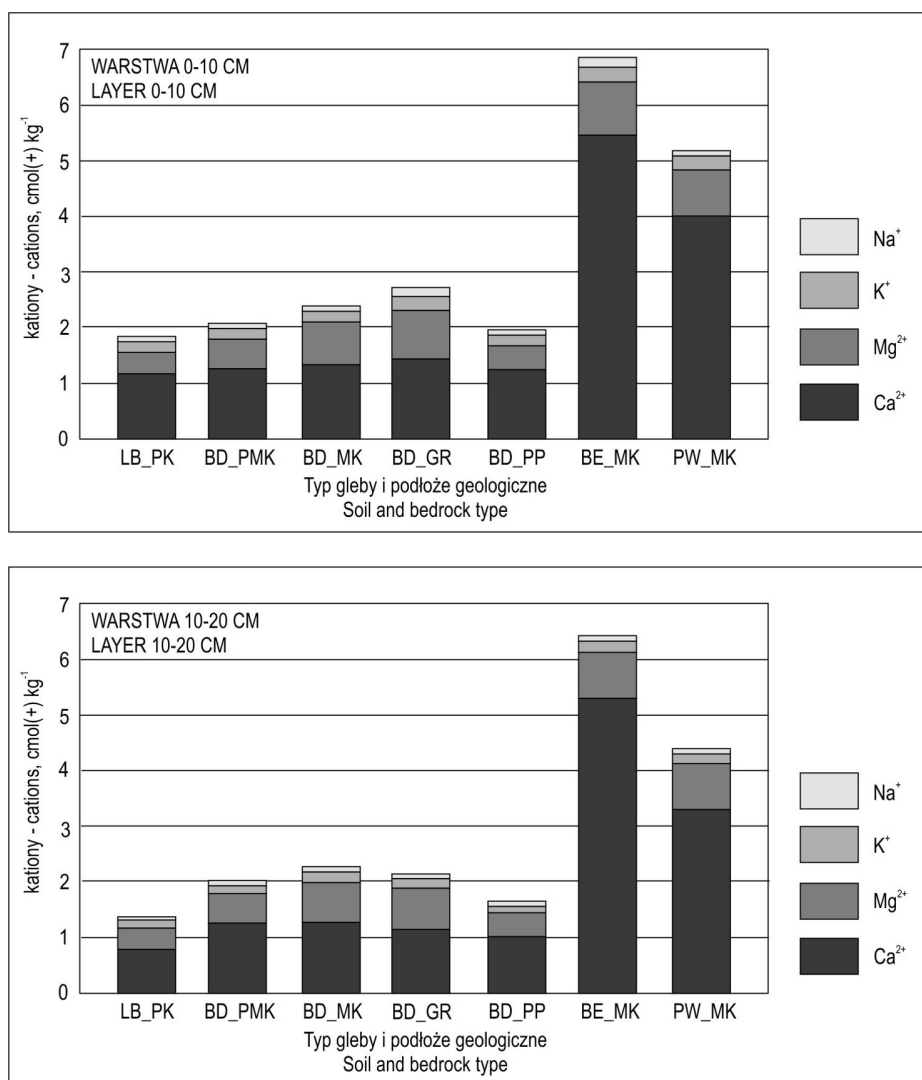


Ryc. 2. Zarys budowy geologicznej Gór Stołowych – utwory macierzyste gleb zidentyfikowane na powierzchniach monitoringowych

Fig. 1. Sketch of the geology of the Stołowe Mountains – parent materials of soils identified at monitoring sites

W przypadku rankerów i gleb glejowych ePWK jest wypadkową działania kompleksu czynników. Większość rankerów wytworzyła się na dystroficznym podłożu piaskowców kredowych, przez co sumy wartości S i V są w warstwie 10–20 cm w rankerach podobnie niskie jak w bielicach. Ostrzejszy klimat eksponowanych wychodni skalnych, sprzyjający powierzchniowej akumulacji materii organicznej z jednej strony, oraz słabe zaawansowanie bielicowania z drugiej powodują jednak, że S i V w warstwie 0–10 cm są w rankerach wyższe niż w bielicach (tab. 4). Gleby oglejone mają z kolei sumę kationów zasadowych zbliżoną do stwierdzonej w glebach brunatnych właściwych, lecz jednocześnie mają znacznie większą kwasowość wymienną – ze względu na materię organiczną obficie zakumulowaną w warunkach nadmiernego uwilgotnienia.

Gleby analizowanych typów różnią się udziałem poszczególnych kationów w kompleksie sorpcyjnym. W rankerach, glebach bielicowych i glebach brunatnych



Ryc. 3. Udział i suma zasadowych kationów wymiennych w warstwie 0–10 i 10–20 cm gleb wytworzonych z różnych utworów macierzystych

Fig. 3. Share and sum of exchangeable base cations in the layers 0–10 and 10–20 cm of soils developed of various parent materials

Objaśnienia jak przy tab. 3

Explanations like below tab. 3

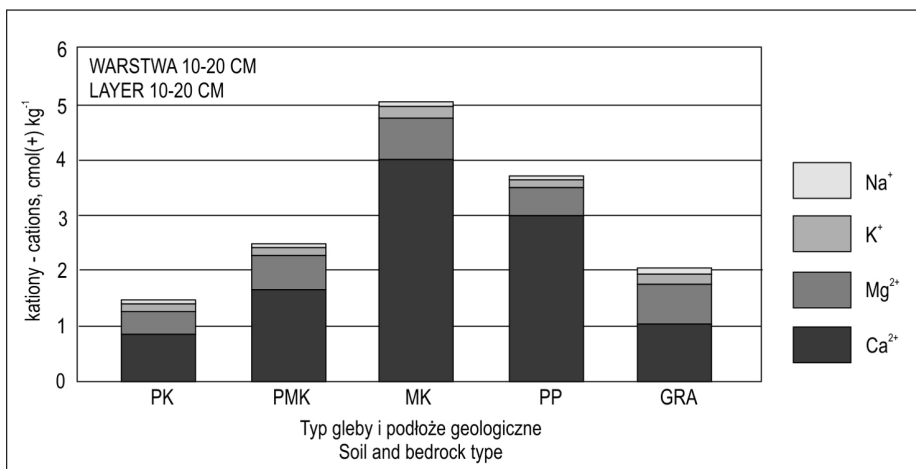
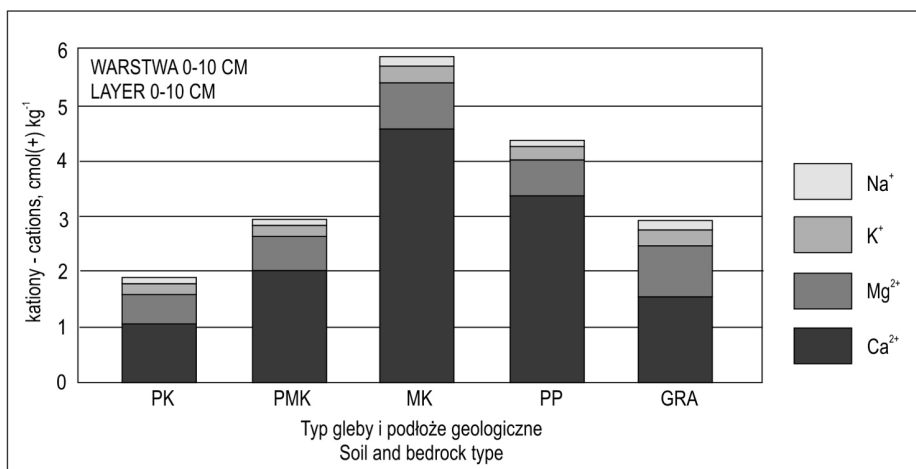
Tab. 4. Właściwości sorpcyjne w warstwach 0-10 i 10-20 cm różnych typów gleb Gór Stołowych
 Table 4. Cation exchange properties in the 0-10 and 10-20 cm layers of various soil types in the Stołowe Mountains

Typ gleby Soil type	n	Kw	Alw	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	ePWK	V
		cmol(+) kg ⁻¹								
Warstwa gleby 0–10 cm Soil layer 0–10 cm										
SQ	14	6,2b	4,7	1,64	0,74	0,21	0,09	2,7a	8,9a	32b
LB	122	5,7b	4,4	1,11	0,49	0,16	0,08	1,8a	7,5a	26a
BD	128	7,8c	6,9	1,41	0,65	0,21	0,10	2,4a	10,2b	24a
BE	33	3,7a	2,3	5,56	0,95	0,28	0,13	6,9b	10,6b	60d
PW	57	5,7b	4,3	3,95	0,91	0,22	0,11	5,2b	10,9b	45c
GW	35	8,1c	6,6	6,06	0,82	0,26	0,13	7,3b	15,4c	37b
Warstwa gleby 10–20 cm Soil layer 10–20 cm										
SQ	14	4,9b	4,6	0,68	0,47	0,13	0,05	1,3a	6,2a	25a
LB	122	4,4b	3,8	0,83	0,44	0,12	0,06	1,4a	5,8a	27a
BD	128	6,4c	5,9	1,20	0,60	0,15	0,09	2,0a	8,4b	25a
BE	33	3,2a	2,8	5,33	0,80	0,20	0,11	6,4c	9,6b	60c
PW	57	4,9b	3,7	3,39	0,82	0,16	0,10	4,5b	9,4b	47b
GW	35	5,8c	4,2	4,91	0,76	0,15	0,10	5,9c	11,7c	42b

Objaśnienia: SQ – rankery, LB – bielice i gleby bielcowe, BD – gleby brunatne kwaśne (dystroficzne), BE – gleby brunatne wylugowane (eutroficzne), PW – gleby płowe właściwe i zaciekowe, GW – gleby gruntowo- i opadowoglejowe, a, b, c, d – grupy jednorodne (test Tukeya)

Explanations: SQ – Leptosols, LB – Podzols, BD – Dystric Cambisols, BE – Eutric Cambisols, PW – Luvisols and Albeluvisols, GW – Gleysols and Stagnosols, a, b, c, d – homogenous groups (Tukey test)

kwaśnych głównym kationem wymiennym jest glin, którego koncentracja jest 2–3-krotnie wyższa niż S, (tab. 4). W glebach płowych natomiast, a szczególnie w glebach brunatnych właściwych S jest zdecydowanie większa niż ilość glinu wymiennego. Spośród kationów zasadowych najistotniejszy we wszystkich typach gleb jest wapń (ryc. 4). Przewaga wapnia nad sumą pozostałych kationów ($Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$) jest większa w glebach ogólnie zasobniejszych w kationy zasadowe, to jest w glebach płowych i brunatnych właściwych.



Ryc. 4. Udział i suma zasadowych kationów wymiennych w warstwie 0–10 i 10–20 cm różnych typów gleb na wybranych podłożach geologicznych

Fig. 4. Share and sum of exchangeable base cations in the layers 0–10 and 10–20 cm of various soil types on selected parent materials

Objaśnienia: symbole typów gleb – jak przy tab. 4 i symbole utworów geologicznych – jak przy tab. 3

Explanations: symbols of soil types – like below tab. 4, symbols of bedrock – like below tab. 3

4. Podsumowanie

Efektywna pojemność wymiany kationów w powierzchniowych warstwach gleb Gór Stołowych oscyluje wokół 8–10 cmol(+) kg⁻¹, na którą średnio w 33% składają się zasadowe kationy wymienne (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ i Na⁺) i w około 60% glin wymienne. Suma kationów zasadowych zależy od zawartości materii organicznej oraz od odczynu gleby i uziarnienia, które są związane z rodzajem skały macierzystej. Największa jest w glebach wytworzonych z mułowców wieku kredowego, następnie z piaskowców permskich i granitów, a najmniejsza – w glebach wytworzonych ze zwietrzelin piaskowców kredowych. Na podobnym podłożu geologicznym stwierdzono znaczące różnice pomiędzy poszczególnymi typami gleb. Spośród gleb wytworzonych z mułowców najuboższe w kationy zasadowe (2–2,5 cmol(+) kg⁻¹) są gleby brunatne kwaśne. Gleby płowe mają sumę kationów zasadowych dwukrotnie, a gleby brunatne właściwe – co najmniej trzykrotnie wyższą. W rezultacie wysycenie zasadami osiąga 60% w glebach brunatnych właściwych i 45–47% w glebach płowych, podczas gdy w glebach brunatnych kwaśnych – tylko 25%. Najmniejsze ilości kationów zasadowych oraz najniższe wysycenie zasadami stwierdzono w glebach bielcowych wytworzonych z piaskowców kredowych. Suma wymiennych kationów zasadowych oraz stopień wysycenia kationami zasadowymi wyraźnie różnicują warunki troficzne siedlisk leśnych PNGS, odzwierciedlając złożone współoddziaływanie podłoża geologicznego, procesów morfologicznych i typologicznych procesów glebotwórczych.

Badania były w części finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (grant N N309 281737) oraz w części przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (grant N R09-0029-04/2008).

Literatura

- Brożek S., Zwydak M., 2003, *Atlas gleb leśnych Polski*, CILP, Warszawa.
- Drozd J., Licznar M., Weber J., Jamroz E., Dradrach A., 1998, *Degradacja gleb w niszczonych ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania*, PTSH, Wrocław.
- Gruba P., 2012, *Zależności pomiędzy wybranymi właściwościami jonowymiennymi gleb leśnych oraz ich zmiany pod wpływem drzewostanów*, Zesz. Nauk. UR, 489, Kraków.
- IUSS, 2006, *World Reference Base for Soil Resources*, 2nd edition, World Soil Resources Reports 103, FAO, Rome.
- Jaworska H., Długosz J., 1996, *Kationowa pojemność wymienna i skład kationów wymiennych gleb płowych wytworzonych z utworów fluwioglacjalnych okolic Mochetka*, Roczniki Gleboznawcze, 47(3/4), 53–61.
- Jędryszczak E., Miścicki S., 2001, *Lasy Parku Narodowego Gór Stołowych*, Szczeliniec, 5, 79–103.

- Johnson C.E., 2002, *Cation exchange properties of acid forest soils of the northeastern USA*, European Journal of Soil Science, 53, 271–282.
- Kabała C., Chodak T., Bogacz A., Łabaz B., Jezierski P., Gałka B., Kaszubkiewicz J., Głina B., 2011, *Przestrzenne zróżnicowanie gleb i siedlisk Parku Narodowego Gór Stołowych*, [w:] T. Chodak (red.), *Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych*, WIND, Wrocław, 141–168.
- Karczewska A., Bogacz A., Kabała C., Szopka K., Duszyńska D., 2006, *Methodology of soil monitoring in a forested zone of the Karkonosze National Park with reference to the diversity of soil properties*, Polish Journal of Soil Sciences, 39(2), 117–129.
- Klasyfikacja Gleb Leśnych Polski, 2000, CILP, Warszawa.
- Maciaszek W., Gruba P., Lasota J., Wanic T., Zwyczaj M., 2009, *Właściwości fizyko-chemiczne gleb drzewostanów naturalnych i monokultur świerkowych w Beskidzie Zachodnim*, Sylwan, 153(5), 338–345.
- Marcos E., Calvo L., Marcos J. A., 2010, *Tree effects on the chemical topsoil features of oak, beech and pine forests*, European Journal of Forest Research, 129, 25–30.
- Skiba S., Drewnik M., 1996, *Odporność gleb pyłowych Pogórza Wielickiego na degradację chemiczną*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geograficzne, 100, 113–123.
- Świercz A., 2008, *Chemical transformations in Podzolic soils induced by alkaline and acidic emissions in the Świętokrzyski Region of Poland*, Polish Journal of Environmental Studies, 17(1), 129–138.
- Van Reeuwijk L.P., 2002, *Procedures for soil analysis*, ISRIC, Wageningen.
- Wojewoda J., Białek D., Bucha M., 2011, *Geologia Parku Narodowego Gór Stołowych – wybrane zagadnienia*, [w:] T. Chodak (red.), *Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych*, WIND, Wrocław, 53–96.

Cezary Kabała, Adam Bogacz, Bernard Gałka, Paweł Jezierski,
Beata Łabaz, Jarosław Waroszewski
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska
ul. Grunwaldzka 53, 50-375 Wrocław
e-mail: cezary.kabala@up.wroc.pl